

АНАЛИЗ БИОФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЯИЦ У КУР ПУШКИНСКОЙ И ЦАРСКОСЕЛЬСКОЙ ПОРОД С РАЗЛИЧНЫМИ АЛЛЕЛЬНЫМИ ВАРИАНТАМИ ГЕНА *LCORL*

М.В. ПОЗОВНИКОВА, Т.А. ЛАРКИНА, А.Б. ВАХРАМЕЕВ, З.Л. ФЕДОРОВА,
Н.Р. РЕЙНБАХ, А.Е. РЯБОВА, Н.В. ДЕМЕНТЬЕВА

(Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста)

*Целью исследований явился анализ связи полиморфных вариантов гена *LCORL* по SNP A503G у кур пород пушкинская и царскосельская с качественными показателями яйца. Выборку составили куры комбинированного направления продуктивности пушкинской ($n = 107$) и царскосельской ($n = 90$) пород 2021 г. вывода. Птица содержалась в индивидуальных клетках на базе биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург). Генотипирование птицы осуществляли методом ПЦР-ПДРФ. Оценку биофизических качеств яиц проводили у кур в возрасте 35 нед. Сравнительный анализ качественных характеристик яиц выявил межпородные различия. Так, яйца кур пушкинской породы по сравнению с яйцами кур царскосельской породы отличались высокой массой яйца ($p \leq 0,001$) и скорлупы ($p \leq 0,01$), толщиной скорлупы ($p \leq 0,01$), значениями ППФ ($p \leq 0,01$), но имели более тонкую подскорлупную оболочку ($p \leq 0,01$). Анализ связи SNP A503G гена *LCORL* показал, что яйцо, полученное от кур пушкинской породы с генотипом AG, отличалось высокими средними значениями толщины скорлупы ($p < 0,001$), массы скорлупы ($p < 0,05$) и массы желтка ($p < 0,01$). Для кур царскосельской породы значимые ассоциации получены для особей с генотипом AG по признаку массы желтка ($p < 0,05$). Основываясь на полученных данных, SNP A503G гена *LCORL* можно рекомендовать в качестве ДНК-маркера при селекции кур пушкинской и царскосельской пород для получения яиц с высокой массой желтка.*

Ключевые слова: ген, *LCORL*, SNP, качество яйца, курица, пушкинская порода кур, царскосельская порода кур

Введение

Основным источником птицеводческой продукции сегодня в России являются породы и популяции кур, отличающиеся высокой продуктивностью. Однако в последнее время возрастает интерес к местным популяциям кур, отличающимся хорошими продуктивными качествами и высокой адаптационной способностью, которые обусловлены особенностями геномной архитектуры. Особое место занимают куры комбинированного направления продуктивности. Сочетание мясных и яичных качеств в равной мере делает их оптимальными как объект для изучения генетических основ этих признаков [1].

Яйцо птиц является уникальным природным объектом. Во-первых, это цельная система, обеспечивающая рост эмбриона вне тела матери. Во-вторых, это полноценный пищевой продукт. Для правильного ведения племенной работы и получения как пищевых, так и инкубационных яиц высокого качества, проводится

контроль их биофизических параметров [2]. Генетическая составляющая вносит существенный вклад в формирование внутренних и внешних качественных характеристик яиц [3]. При этом наследуемость данных признаков варьирует от умеренной до высокой [4].

Ген *LCORL* состоит из 7 экзонов и кодирует лиганд-зависимый ядерный корепрессор (*LCORL*), который является транскрипционным фактором. Изучаемый ген ассоциирован с размерами скелета, массой внутренних органов, массой тела, размерами яйцевода у кур [5–8]. В предыдущей работе нами было обнаружено, что носители гетерозиготного генотипа по rs15619223, A > C гена *LCORL* обладали высоким уровнем яйценоскости и массой яйца [9]. Также в исследовании [10] rs14699480 в гене *LCORL* был ассоциирован с массой яйца.

Таким образом, целью исследований являлся анализ связи полиморфных вариантов гена *LCORL* по SNP A503G у кур пород пушкинская и царскосельская с качественными показателями яиц. В связи с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Формирование двух экспериментальных групп кур пушкинской и царскосельской пород.
2. Генотипирование изучаемых пород птицы по SNP A503G гена *LCORL*.
3. Отбор и оценка яйца по качественным параметрам у кур пушкинской и царскосельской пород.
4. Анализ связи SNP A503G гена *LCORL* с некоторыми качественными показателями яиц.

Материал и методы исследований

Для исследований были сформированы две выборки кур пушкинской ($n = 107$) и царскосельской ($n = 90$) пород 2021 г. вывода. Птица содержалась в индивидуальных клетках на базе биоресурсной коллекции ВНИИГРЖ «Генетическая коллекция редких исчезающих пород кур» (г. Пушкин, Санкт-Петербург). ДНК выделяли из лейкоцитов крови стандартным методом фенол-хлороформной экстракции. Амплификацию проводили на приборе Thermal Cycler T100 (Bio-Rad, США) в режиме, включающем в себя 35 циклов: 30 сек. – 94°C, 30 сек. – 60°C, 30 сек. – 72°C, – с использованием праймеров F TTGTAGCCTGTGGGAGGGAT, R: TGGTCTTCCSTCATGGGACT. Для ПДРФ анализа использовали эндонуклеазу рестрикции BstMAI (СибЭнзим, Россия). Наличие сайта рестрикции определяли фрагменты 450 и 337 п.н. (аллель G), отсутствие сайта рестрикции визуализировало фрагмент размером 787 п.н. и соответствовало аллелю А.

Оценка качественных характеристик яйца производилась по достижении птицей возраста 35 нед. Измеряли показатель плотности фракций яичного белка «ППФ» (в геометрических градусах), ППФ (с поправкой на массу яйца), масса яйца (в граммах), индекс формы «ИФ» (отношение поперечного «малого» диаметра яйца к большому «продольному» в процентах), упругую деформацию «УД» (мкм), среднее (3 измерения), массу желтка (в граммах), толщину подскорлупной оболочки и скорлупы яйца (мкм), массу скорлупы яйца (в граммах), мраморность (баллы). От каждой курицы было получено и оценено до трех яиц (203 измерения для пушкинской породы и 220 измерений для царскосельской породы). Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA 10.0 (Statsoft, Inc/TIBCO, Palo Alto, CA, USA) с применением ANOVA by ranks и критерия Крускала-Уоллиса.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований нами проведен сравнительный анализ качественных характеристик яиц кур разных пород. Результаты показали, что по средним значениям (рис. 1) наблюдались некоторые различия между группами кур разных пород. Яйца кур пушкинской породы по сравнению с яйцами кур царскосельской породы отличались высокими средними значениями массы яйца ($p \leq 0,001$) и скорлупы ($p \leq 0,01$), толщиной скорлупы ($p \leq 0,01$), значениями ППФ ($p \leq 0,01$), но имели более тонкую подскорлупную оболочку ($p \leq 0,01$).

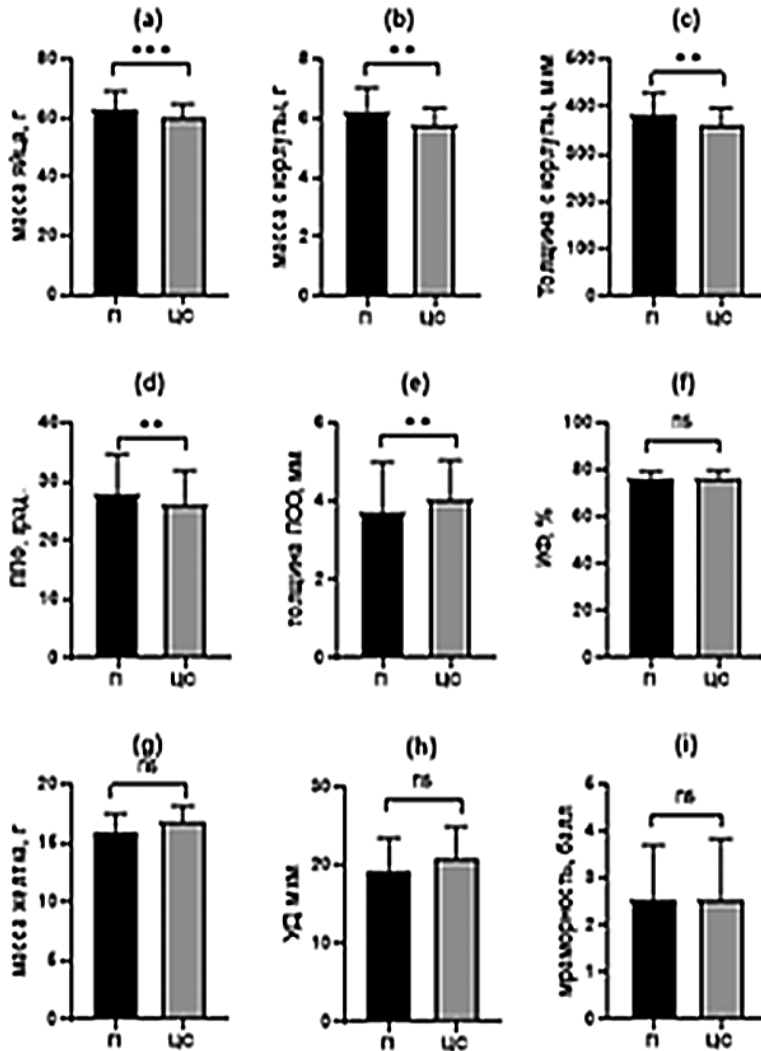


Рис. 1. Сравнительная оценка средних значений анализируемых качественных характеристик яиц кур пушкинской и царскосельской пород:

ЦС – царскосельская порода кур; П – пушкинская порода кур;

* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; ns – нет достоверных различий (t-test)

Для понимания механизмов формирования показателей качества яиц нами проведен анализ главных компонент. Наиболее значимыми переменными для качества яйца кур царскосельской породы оказались масса скорлупы, толщина

скорлупы, мраморность, то есть в их отношении был минимизирован либо равномерно упорядочен разброс переменных и проведена максимизация дисперсии относительно компоненты 2 (рис. 2а). Первая компонента выделяла в обособленную группу плотность фракций яичного белка и упругую деформацию, обозначая тем самым независимый (и в то же время сложный) характер изменчивости этих переменных.

С помощью визуализации на основе двух компонент изменчивости для качества яиц пушкинской породы (рис. 2б) было показано, что масса яйца, масса желтка и масса скорлупы – наиболее значимые переменные, а мраморность оказалась низковариабельной переменной. Первая компонента выделяла в обособленную группу плотность фракций яичного белка, упругую деформацию и индекс формы, обозначая тем самым независимый (и в то же время сложный) характер изменчивости этих переменных.

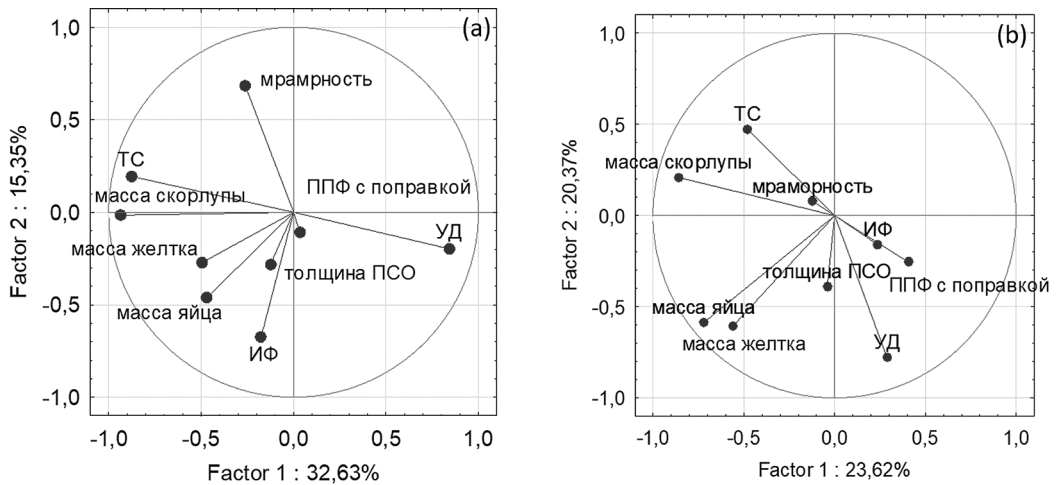


Рис. 2. Результаты анализа главных компонент по распределению показателей качества яиц кур царскосельской (а) и пушкинской (б) пород в связи с вариабельностью по двум факторным осям: Factor 1 – компонента 1; Factor 2 – компонента 2;

ППФ – плотность фракций яичного белка (с поправкой на массу яйца);

ИФ – индекс формы; УД – упругая деформация;

толщина ПСО – толщина подскорлупной оболочки; ТС – толщина скорлупы

Сравнительный анализ фенотипов яиц, полученных от кур пушкинской породы различных генотипов по гену *LCORL*, показал, что яйца кур с генотипом AA отличались меньшей массой, имели низкие значения массы скорлупы (к AG $p < 0,05$), массы желтка (к AG $p < 0,01$), толщины скорлупы (к GG $p < 0,01$ и к AG $p < 0,001$), но имели плотную подскорлупную оболочку (к GG $p < 0,05$) (табл. 1).

Сравнительный анализ средних значений качественных характеристик яйца царскосельской породы кур показал аналогичные результаты (табл. 2). Так, у кур с генотипом AA яйца имели меньшую массу, и соответственно наблюдалось снижение и значений составляющих яйца на фоне высоких значений толщины подскорлупной оболочки (AA к AG при $p = 0,06$). Высокие значения массы желтка получены у яиц кур с генотипом AG в сравнении с яйцами кур с генотипом GG ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние значения качественных характеристик яиц кур пушкинской породы различных генотипов по маркеру A503G гена *LCORL*

Показатель	Генотип ¹								
	AA (n = 50)			AG (n = 95)			GG (n = 58)		
	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err
ППФ, °	27,43	6,18	0,87	27,57	7,15	0,73	28,37	6,62	0,87
ППФ, ° (с поправкой)	26,26	5,31	0,75	25,65	6,70	0,69	26,84	5,33	0,70
Масса яйца, г	61,95	5,76	0,82	63,20	5,97	0,61	62,55	5,58	0,73
ИФ, %	76,55	2,90	0,41	76,10	2,85	0,29	76,72	2,99	0,39
Толщина ПСО, мкм	3,99 ^c	1,28	0,18	3,69	1,09	0,11	3,50 ^d	1,51	0,20
ТС, мкм	363,3 ^{a,e}	48,4	6,80	389,8 ^f	40,7	4,20	388,6 ^b	46,2	6,10
Масса скорлупы, г	6,05 ^c	0,88	0,12	6,39 ^d	0,65	0,07	6,21	0,74	0,10
Мраморность, балл	2,52	1,13	0,16	2,51	1,23	0,13	2,62	1,07	0,14
Масса желтка, г	15,53 ^a	1,83	0,26	16,32 ^b	1,42	0,14	15,95	1,08	0,14
УД среднее, мкм	20,20	3,22	0,50	19,42	3,48	0,39	19,62	5,58	0,82

Примечание. ^{ab}p < 0,01; ^{cd}p < 0,05; ^{ef}p < 0,001. ПСО – подскорлупная оболочка; ТС – толщина скорлупы; ¹ – для каждого генотипа указано число наблюдений.

Таблица 2

Средние значения качественных характеристик яиц кур царскосельской породы различных генотипов по маркеру A503G гена *LCORL*

Показатель	Генотип ¹								
	AA (n = 89)			AG (n = 69)			GG (n = 62)		
	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err	Mean	Std.Dev.	Std.Err
ППФ, °	26,03	5,44	0,58	26,31	5,60	0,67	26,40	5,98	0,76
ППФ, ° (с поправкой)	26,29	5,13	0,55	26,41	5,92	0,71	26,12	6,03	0,77
Масса яйца, г	59,56	4,23	0,45	59,83	4,39	0,53	60,46	6,10	0,77
ИФ, %	76,51	3,25	0,34	76,62	2,62	0,32	76,98	2,76	0,35
Толщина ПСО, мкм	4,16 ⁱ	1,04	0,11	3,86 ⁱ	1,01	0,12	4,06	0,94	0,12
ТС, мкм	365,2	35,1	3,80	356,4	32,3	3,90	360,6	38,4	4,90
Масса скорлупы, г	5,73	0,61	0,09	5,81	0,71	0,12	5,72	0,47	0,07
Мраморность, балл	2,57	1,27	0,13	2,48	1,24	0,15	2,63	1,33	0,17
Масса желтка, г	16,83	1,50	0,16	17,10 ^a	1,06	0,13	16,63 ^b	1,17	0,15
УД среднее, мкм	20,93	4,01	0,44	21,09	3,94	0,48	21,00	3,79	0,52

Примечание. ^{ab}p < 0,05; ⁱp = 0,06. ПСО – подскорлупная оболочка; ТС – толщина скорлупы; ¹ – для каждого генотипа указано число наблюдений.

Выводы

Проведен анализ связи SNP A503G гена *LCORL* с качественными характеристиками яиц кур комбинированного направления продуктивности – пушкинской и царскосельской пород. Результаты исследований показали, что яйца, полученные от кур с генотипом AA, отличались меньшими размерами, но высокими значениями толщины подскорлупной оболочки. Яйца кур с генотипом AG характеризовались высокой массой желтка. SNP A503G гена *LCORL* можно рекомендовать к использованию в MAS-селекции кур пушкинской и царскосельской пород с целью получения линий кур с высокими показателями качества яиц.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема ГЗ 0445–2021–0010

Библиографический список

1. Федорова З.Л. Генофондные породы кур – уникальный источник генетического материала для будущего птицеводства // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2022. – № 3. – С. 54–62.
2. Царенко П.П., Васильева Л.Т. Методы оценки и повышения качества яиц сельскохозяйственной птицы: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – С. 280.
3. Goto T., Ohya K., Takaya M. Genotype affects free amino acids of egg yolk and albumen in Japanese indigenous breeds and commercial Brown layer chickens // Poult Sci. – 2022. – V. 101 (2). – Pp. 101582. Doi:10.1016/j.psj.2021.101582.
4. Rath P.K., Mishra P.K., Mallick B.K., Behura N.C. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns // Vet World. – 2015. – V. 8 (4). Pp. 449–452. Doi:10.14202/vetworld.2015.449–452.
5. Moreira G.C.M., Salvian M., Boschiero C., Cesar A.S.M., Reecy J.M., Godoy T.F., Ledur M.C., Garrick D., Mourão G.B., Coutinho L.L. Genome-wide association scan for QTL and their positional candidate genes associated with internal organ traits in chickens // BMC Genomics. – 2019. – V. 20 (1). – P. 669. Doi:10.1186/s12864-019-6040-3.
6. Dou T., Shen M., Ma M., Qu L., Li Y., Hu Y., Lu J., Guo J., Wang X., Wang K. Genetic architecture and candidate genes detected for chicken internal organ weight with a 600 K single nucleotide polymorphism array // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2019. – V. 32. – Pp. 341–349. Doi:10.5713/ajas.18.0274.
7. Shen M., Qu L., Ma M., Dou T., Lu J., Guo J., Hu Y., Wang X., Li Y., Wang K., Yang N. A genome-wide study to identify genes responsible for oviduct development in chickens // PLoS One. – 2017. – V. 12. Doi:10.1371/journal.pone.0189955.
8. Yi G., Shen M., Yuan J., Sun C., Duan Z., Qu L., Dou T., Ma M., Lu J., Guo J., Chen S., Qu L., Wang K., Yang N. Genome-wide association study dissects genetic architecture underlying longitudinal egg weights in chickens // BMC Genomics. – 2015. – V. 16. – P. 746. Doi:10.1186/s12864-015-1945-y.
9. Дементьева Н.В., Ларкина Т.А., Митрофанова О.В., Федорова Е.С., Позднякова Т.Э. Связь однонуклеотидного полиморфизма в гене *LCORL* с продуктивными признаками кур // Птицеводство. – 2019. – № 5. – С. 14–17. Doi:10.33845/0033-3239-2019-68-5-14-17.
10. Wolc A., Arango J., Settar P., Fulton J.E., O'Sullivan N.P., Preisinger R., Habier D., Fernando R., Garrick D.J., Hill W.G., Dekkers J.C. Genome-wide association analysis and genetic architecture of egg weight and egg uniformity in layer chickens. Anim Genet // Anim Genet. – 2012. – V. 1. – Pp. 87–96. Doi: 10.1111/j.1365-2052.2012.02381.x.

ANALYSIS OF THE BIOPHYSICAL QUALITIES OF EGGS IN THE PUSHKINSK AND TZARSKOSEL'SKAYA HENS WITH VARIOUS ALLELIC VARIANTS OF THE LCORL GENE

M.V. POZOVNIKOVA, T.A. LARKINA, A.B. VAKHRAMEEV, Z.L. FEDOROVA,
N.R. REYNBAKH, A.E. RYABOVAN, N.V. DEMENT'EVA

(Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding –
Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry)

The aim of the study was to analyse the association of polymorphic variants of the LCORL gene for SNP A503G with egg quality in chickens of the Pushkin and Tsarskoye Selo breeds. The sample consisted of chickens of the combined productivity direction of the Pushkin (n=107) and Tsarskoye Selo (n=90) breeds of 2021 year of hatching. The birds were kept in individual cages on the basis of the bioresource collection of the RRIFAGB "Genetic Collection of Rare Endangered Breeds of Chickens" (Pushkin, St. Petersburg). The poultry were genotyped by PCR-RFLP. Biophysical properties of the eggs were evaluated in hens at 35 weeks of age. A comparative analysis of the qualitative characteristics of the eggs revealed some differences between the breeds. For example, the eggs from the Pushkin breed hens differed from the eggs of the Tsarskoye Selo hens in high egg weight ($p \leq 0.001$) and shell ($p \leq 0.01$), shell thickness ($p \leq 0.01$), PPF values ($p \leq 0.01$), but had a thinner shell membrane ($p \leq 0.01$). The analysis of the SNP A503G association with the LCORL gene showed that the eggs from the Pushkin chickens with the AG genotype had high mean values for shell thickness ($p < 0.001$), shell weight ($p < 0.05$) and yolk weight ($p < 0.01$). For chickens of the Tsarskoye Selo breed, significant associations were obtained for chickens with the AG genotype on the basis of yolk weight ($p < 0.05$).

Key words: gene, LCORL, SNP, egg quality, chicken, Pushkin breed of chickens, Tsarskoye Selo breed of chickens.

Acknowledgements

The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, theme GZ 0445–2021–0010.

References

1. Fedorova Z.L. Gene pool breeds of chickens – a unique source of genetic material for the future of poultry. Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh. 2022; 3: 54–62. (In Rus.)
2. Tsarenko P.P., Vasilyeva L.T. Methods for assessing and improving the quality of poultry eggs. Petersburg: Izdatel'stvo "Lan", 2016: 280. (In Rus.)
3. Goto T., Ohya K., Takaya M. Genotype affects free amino acids of egg yolk and albumen in Japanese indigenous breeds and commercial Brown layer chickens. Poult Sci. 2022; 101(2): 101582. DOI: 10.1016/j.psj.2021.101582
4. Rath P.K., Mishra P.K., Mallick B.K., Behura N.C. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. Vet World. 2015; 8(4): 449–452. DOI: 10.14202/vetworld.2015.449–452
5. Moreira G.C.M., Salvian M., Boschiero C., Cesar A.S.M., Reecy J.M., Godoy T.F., Ledur M.C., Garrick D., Mourão G.B., Coutinho L.L. Genome-wide association scan for QTL and their positional candidate genes associated with internal organ traits in chickens. BMC Genomics. 2019; 20(1): 669. DOI: 10.1186/s12864-019-6040-3

6. Do T., Shen M., Ma M., Qu L., Li Y., Hu Y., Lu J., Guo J., Wang X., Wang K. Genetic architecture and candidate genes detected for chicken internal organ weight with a 600 K single nucleotide polymorphism array. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2019; 32: 341–349. DOI:10.5713/ajas.18.0274

7. Shen M., Qu L., Ma M., Dou T., Lu J., Guo J., Hu Y., Wang X., Li Y., Wang K., Yang N. A genome-wide study to identify genes responsible for oviduct development in chickens. *PLoS One*. 2017; 12. DOI:10.1371/journal.pone.0189955

8. Yi G., Shen M., Yuan J., Sun C., Duan Z., Qu L., Dou T., Ma M., Lu J., Guo J., Chen S., Qu L., Wang K., Yang N. Genome-wide association study dissects genetic architecture underlying longitudinal egg weights in chickens. *BMC Genomics*. 2015; 16: 746. DOI:10.1186/s12864-015-1945-y

9. Dementieva N.V., Larkina T.A., Mitrofanova O.V., Fedorova E.S., Pozdnyakova T.E. The relationship of single nucleotide polymorphism in the LCORL gene with the productive traits of chickens. *Ptitsevodstvo*. 2019; 5: 14–17. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-5-14-17 (In Rus.)

10. Wolc A., Arango J., Settar P., Fulton J.E., O'Sullivan N.P., Preisinger R., Habier D., Fernando R., Garrick D.J., Hill W.G., Dekkers J.C. Genome-wide association analysis and genetic architecture of egg weight and egg uniformity in layer chickens. *Anim Genet*. 2012;1: 87–96. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2012.02381.x

Позовникова Марина Владимировна, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: pozovnikova@gmail.com

Ларкина Татьяна Александровна, канд. биол. наук, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru

Вахрамеев Анатолий Борисович, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: ab_poultry@mail.ru

Федорова Зоя Леонидовна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного исследовательского учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: zoya-fspb@mail.ru

Рейнбах Наталья Романовна, аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного

научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: miss.reynbax@yandex.ru

Рябова Анна Евгеньевна, аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: aniuta.riabova2016@yandex.ru

Наталья Викторовна Дементьева, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»; 196625, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, 55а; e-mail: dementevan@mail.ru

Marina V. Pozovnikova, CSc (Bio), Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: pozovnikova@gmail.com)

Tatyana A. Larkina, CSc (Bio), Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru)

Anatoly B. Vakhrameev, Senior Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: ab_poultry@mail.ru)

Zoya L. Fedorova, CSc (Ag), Senior Senior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: zoya-fspb@mail.ru)

Natalya R. Reynbakh, post-graduate student, Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: miss.reynbax@yandex.ru)

Anna E. Ryabova, post-graduate student, Junior Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: aniuta.riabova2016@yandex.ru)

Natalia V. Dementieva, CSc (Bio), Leading Research Associate, the Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (55a, Moskovskoe Highway, Tyarlevo settlement, St. Petersburg, 196625, Russian Federation; E-mail: dementevan@mail.ru)